

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 658.512.011.56

В.И. Махнач

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

В исторической и хронологической последовательности приводится краткий обзор исследований и разработок института по автоматизации процессов технической подготовки производства в машиностроении. Показаны его роль и влияние на развитие исследований в стране и за рубежом. Приводятся основные направления исследований на ближайшую перспективу.

Введение

Начало научно-исследовательских работ по автоматизации инженерного проектирования в машиностроении следует отнести к выходу в свет монографий Г.К. Горанского «К теории автоматизации инженерного труда» (1962 г.) и «Расчет режимов резания с помощью электронных цифровых вычислительных машин» (1963 г.). Под его руководством в Институте машиноведения и автоматизации АН БССР разрабатываются методы решения с помощью ЭВМ проектных задач, проводятся исследования методов оптимизации режимов резания и выбора технически обоснованных нормативов времени на механическую обработку деталей, формализации процесса проектирования шпиндельных коробок агрегатных станков и автоматических линий.

Оценивая первые результаты исследований, учитывая актуальность и перспективность нового научного направления, Совет Министров БССР принял в 1965 г. решение об образовании в Академии наук Института технической кибернетики (ИТК). Государственным комитетом по науке и технике (ГКНТ) СССР, принимается постановление «О проведении научно-исследовательских работ по автоматизации процессов технической подготовки производства в машиностроении с использованием математических методов и средств вычислительной техники». ИТК АН БССР утверждается головной межотраслевой организацией в СССР по применению математических методов и вычислительной техники для автоматизации процессов технической подготовки производства в машиностроении. На институт возлагается координация исследований, перспективное планирование и экспертиза работ в СССР и странах СЭВ.

1. Исследования процессов конструкторско-технологической подготовки производства

С начала образования института проводятся исследования проблем технической подготовки машиностроительного производства, создание теории автоматизации проектирования. К числу наиболее актуальных на тот период задач относятся методы кодирования информации, формализованные языки описания проектных процедур, алгоритмы решения задач дискретной геометрии, автоматизация синтеза и анализа машиностроительных конструкций, алгоритмы оценки и выбора проектных решений, методы формализации проектирования технологических процессов и станочных приспособлений, инженерная графика.

Формализация типовых задач конструкторско-технологической подготовки производства, типизация и классификация проектных процедур и решений, методы представления информационно-математических моделей конструкций с помощью реляционных таблиц и таблиц соответствий, проектирования типовых схем шпиндельных коробок с произвольным числом и расположением шпинделей, декомпозиции сложных задач проектирования шпиндельных коробок агрегатных станков рассмотрены Г.К. Горанским [1–3]. До появления электронно-вычислительных машин решение такого рода задач производилось приближенными методами или опытным путем.

Методы расчета и выбора оптимальных режимов резания при одноинструментальной обработке, нормирования станочных работ рассмотрены Е.В. Владимировым и Л.Н. Ламбиным [3, 4]. Разработаны программы для расчета режимов резания и нормирования станочных работ, которые нашли широкое применение в промышленности.

Исследования проблем автоматизации конструкторских расчетов в проектировании различного типа зубчатых редукторов, планетарных и дифференциальных механизмов, передач, валов, подшипников выполнены Э.Г. Лившицем. По результатам исследований разработаны программные средства, методические материалы, отраслевой стандарт Министерства машиностроения, регламентирующий расчет зубчатых и червячных передач на ЭВМ [4, 5].

А.Г. Раковичем разработана теория автоматизированного синтеза конструкций специальной технологической оснастки из типизированных конструктивных элементов. Найден способ информационного представления обрабатываемых деталей, исследуются системные аспекты автоматизации проектирования, созданы алгоритмы и программы. Рассмотрены основные принципы автоматизации конструирования, алгоритмы синтеза и анализа конструкций приспособлений на каждом из этапов процесса проектирования из конструктивных элементов различного уровня иерархии и сложности инвариантных компонентов. Для предприятий и конструкторско-технологических организаций подготовлены научно-методические рекомендации по созданию систем автоматизированного проектирования [4, 6, 7].

Проблемы автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления станочной оснастки рассмотрены В.В. Адамчиком [4]. Разработаны программные средства проектирования управляющих программ для изготовления деталей станочных приспособлений на универсальном станочном оборудовании и станках с числовым программным управлением, которые ускоряют процесс проектирования и исключают появление ошибок.

В.Д. Цветковым исследуются проблемы автоматизации проектирования технологических процессов механической обработки деталей в различных условиях машиностроительного производства. Разработана дедуктивная теория системно-структурного моделирования технологических процессов. Получены алгоритмы и программы многоуровневого итерационного синтеза проектных решений, применимые на всех этапах процесса проектирования технологии механической обработки [4, 8, 9].

А.И. Петровский исследовал проблемы автоматизации проектирования токарных операций, предложил и реализовал формализованный технологический язык описания структуры и основных характеристик обрабатываемых деталей и процессов их изготовления, который упрощает и ускоряет подготовку программ автоматизированного проектирования, облегчает настройку на условия пользователя [4].

За период 1965 – 1970 гг. около 25 сотрудников института защитили кандидатские диссертации, подготовленные по результатам выполненных исследований. В 1965 г. вышел в свет первый номер научно-технического сборника «Вычислительная техника в машиностроении», который стал периодическим изданием, имел постоянных подписчиков, в том числе и за рубежом. Состоялась 1-я Всесоюзная научно-техническая конференция по проблемам автоматизации технической подготовки производства в машиностроении (1968 г.). Конференция вызвала большой интерес в СССР и за рубежом, количество ее участников превысило 800 человек.

К началу 1980-х гг. усилиями многих ученых создана научная школа, известная не только в СССР, но и за рубежом. Подход, характерный для научной школы, в отличие от интерактивных методов решения рутинных проектных задач, распространенных в тот период за рубежом, ориентируется на разработку формализованных моделей и методов автоматизации решения проблемных задач, построения высокоинтеллектуальных программных процедур, определяющих качество и эффективность принимаемых проектно-конструкторских решений. Проектные решения, включая выбор технически обоснованного оптимального варианта конструкции, или технологии изготовления получаются в автоматическом режиме функционирования программ по исходным данным, сформулированным пользователем. Реализация подхода требует проведения трудоемких исследований, связанных с формализацией проектирования объектов, оценкой адекватности моделей и алгоритмов. Полученные результаты, как правило, быстро окупают затраты на научно-исследовательские работы. Обзор результатов исследований по пробле-

мам принятия решений в системах автоматизированного проектирования рассматривается в статьях, публикуемых в данном выпуске.

Принципы построения и типовые проектные решения по созданию автоматизированных систем технической подготовки производства в отраслях машиностроения разработаны под руководством О.И. Семенкова. Предложена архитектура систем, программно-аппаратные и инструментальные средства организации и управления вычислительным процессом, оперативным графическим диалогом, разработаны системное и математическое обеспечения оперативно-графических систем. Теория автоматизированного проектирования сложных технических объектов развивается в направлении интеграции проектных процедур и единой развивающейся информационной модели объекта [4, 10 – 12].

Основы теории проектирования сложно-режущих инструментов, инструментальных наладок для револьверных станков-автоматов, специальных агрегатных станков и автоматических линий разработаны под руководством Б.И. Сеницына. Проведена формализация процессов проектирования и технологии изготовления инструментов машиностроительного производства: резцов и фрез общего назначения, осевого универсального инструмента для обработки отверстий (сверл, зенкеров, разверток), резьбообразующего инструмента, фасонных резцов, протяжек и прошивок, червячных фрез, зуборезного инструмента [4, 7, 13]. По результатам исследований разработана автоматизированная система конструкторско-технологической подготовки инструментального производства.

Интегрированный программный комплекс для автоматизированного проектирования и изготовления разделительных штампов холодной листовой штамповки создан по результатам исследований под руководством А.Г. Гривачевского [4, 14]. Проектируются технологические процессы холодной листовой штамповки, выбирается рациональный вариант штамповочного раскроя, конструктивное исполнение штампа, рабочая документация на детали штампов, технология изготовления оригинальных деталей на универсальном станочном оборудовании, управляющие программы для станков с ЧПУ. По технологии, разработанной А.Г. Гривачевским, в Министерстве приборостроения, средств автоматизации и систем управления построено первое в СССР специализированное высокоавтоматизированное предприятие для массового производства штампов – Тверской завод штампов.

Методы автоматизированного проектирования сложных систем управления технологическим оборудованием, обнаружения неисправностей, контроля и диагностики дискретных управляющих устройств разработаны А.И. Добролюбовым, С.В. Ениным, С.И. Акуновичем [15, 16]. Программная реализация обеспечивает ускорение процесса проектирования и получение качественной технической документации.

А.Г. Гореликом разработаны алгебрологические и теоретико-графовые методы моделирования структурно-сложных машиностроительных объектов. Решена задача перехода от алгебрологических к кусочно-аналитическим моделям. Создана экспериментальная система геометрического моделирования сложных объектов, расчета геометрических характеристик и параметризации [10, 17].

Е.А. Стародетко исследовал средства геометрического моделирования лекальных поверхностей, геометрический язык, способы построения и параметризации объектов сложной пространственной формы [18].

Проблемы информационного обеспечения процессов автоматизированного проектирования рассмотрены Н.А. Ярмошем [10, 19, 20]. Предложена структурно-функциональная модель информационных систем, разработан метод хранения и поиска чертежно-графической информации на микроголограммах.

С.Ф. Липницким разработаны модели гипертекста, методы и алгоритмы анализа и синтеза сообщений, быстрые алгоритмы оптимизации бинарных информационных структур, генерации стратегий информационного поиска и навигационных маршрутов в базах данных [20].

Г.В. Римским предложены новые подходы к созданию программных комплексов автоматизированного проектирования. В качестве модели представления знаний об объекте проектирования выбран полигон в виде планарной семантической сети, способной воспринимать и обрабатывать информацию, принимать решения [21].

С.В. Медведевым проведены исследования процессов проектирования сложных сварных конструкций, технологических процессов сборки-сварки, сборочно-сварочной оснастки. Предложены методы интеллектуального синтеза, анализа и оптимизации конструкций на основе математического моделирования, прогнозирования условий разрушения, оценки влияния технологии сварки на напряженно-деформированное состояние конструкций [22, 23]. Разработан программный комплекс «ИНСВАР» для проектирования сложных сборочно-сварочных приспособлений. Проведены исследования сквозной технологии автоматизированного проектирования и производства структурно-сложных наукоемких конструкций сельхозмашин для предпосевной обработки почвы, турбокомпрессора, карданного вала и других с использованием возможностей высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных комплексов СКИФ. Смоделировано напряженно-деформированное состояние изделий, оптимизированы основные технические характеристики.

В.И. Махначом и О.Л. Шведом [23, 24] исследованы методы автоматизированного проектирования и оптимизации технологических процессов и штампов горячей объемной штамповки с использованием средств математического моделирования. Определены подходы к проектированию многопереходных технологических процессов, методы прогнозирования различного рода дефектов формообразования, проектирования технологий изготовления изделий с заданными техническими характеристиками. Разработаны основы геометрически нелинейной теории пластичности, учитывающей нелинейность изменения геометрии деформируемого твердого тела (конечность деформаций). Сформулированы определяющие соотношения, проведены вычислительные эксперименты, подтверждающие полученные выводы и решения.

Методы нормирования и расчета режимов процессов сварки разработаны А.И. Стрельцовым. Исследованы проблемы автоматизации проектирования технологических процессов сварки, организации и построения баз данных и знаний. Разработанный комплекс программ проектирования технологий сварки получил широкое распространение на предприятиях [23, 25].

Л.В. Губич разработаны методы и компьютерная технология сквозного проектирования структурно-сложных конструкций корпусных деталей машино- и приборостроения [23, 26]. Рассмотрены проектные процедуры, включающие концептуальное проектирование, моделирование и уточнение функциональных характеристик изделия, инженерный анализ проектных решений, оценку технологичности, детализацию конструкции, отработку дизайна, собираемость сборочной единицы и условия технического обслуживания.

О.И. Семенов, В.И. Махнач, И.С. Митяев разработали комплекс государственных стандартов и руководящих документов по информационным технологиям [27–31]. Стандарты распространяются на автоматизированные системы в различных сферах деятельности – управлении, исследованиях, проектировании.

Исследование и решение отдельных задач конструкторско-технологической подготовки производства не оказывают существенного влияния на сокращение сроков и снижение затрат на производство новой продукции, повышение ее качества и конкурентоспособности. О.И. Семеновым сформулированы основные требования к проведению исследований и разработке более эффективных инструментальных средств автоматизированного проектирования путем интеграции проектных процедур в единую развивающуюся технологическую линию автоматизированного проектирования широкой номенклатуры деталей общемашиностроительного применения. Под его руководством разработаны экспериментальные образцы инструментальных интегрированных комплексов: технологических линий автоматизированного проектирования осесимметричных, корпусных, листовых и призматических деталей. Процесс автоматизированного проектирования основан на развитии единой электронной модели детали (D-модели), общей базе данных и типовых проектных и информационных процедурах, с использованием которых разрабатываются инвариантные компоненты систем. Обеспечивается гибкость технологических линий, сокращение издержек на настройку к конкретным условиям производства, создание промышленных прикладных систем для различных отраслей промышленности. Интеграция проектных процедур в единый проектный конвейер оказалась весьма продуктивной. Предложенные подходы и проектные решения были развиты и реализованы на современных программно-технических средствах.

2. Опытнo-конструкторские разработки

Одновременно с проведением исследований осуществляются опытнo-конструкторские разработки по созданию и внедрению систем автоматизированного проектирования (САПР) на предприятиях различных отраслей промышленности. Создаются конструкторско-технологические отделы, которые позднее преобразуются в Специальное конструкторско-технологическое бюро с опытным производством (СКТБ с ОП). На СКТБ с ОП возлагаются функции практического внедрения результатов научных исследований в промышленность. Одно из основных направлений деятельности СКТБ с ОП заключается в разработке пакетов прикладных программ, программных комплексов и систем автоматизированного проектирования для предприятий машино- и приборостроения. После перестройки СКТБ с ОП присоединяется к институту и реорганизуется в головное конструкторское республиканское унитарное предприятие «Научное приборостроение» Национальной академии наук Беларуси.

За период 1981 – 1987 гг. для предприятий различных отраслей промышленности выполнено 578 разработок по созданию систем автоматизированного проектирования объектов машиностроения. Среди них можно отметить:

- Пакеты прикладных программ конструкторских расчетов зубчатых передач, валов, подшипников качения; оптимизации параметров цилиндрических редукторов; расчетов червячных передач; расчетов механических передач, планетарных и дифференциальных механизмов; размерно-точностных цепей.
- Системы автоматизированного проектирования:
 - сверлильных приспособлений;
 - измерительного инструмента для лопаток турбин;
 - приспособлений для обработки деталей тяжелого машиностроения;
 - технологических процессов обработки деталей на револьверных прессах с ЧПУ;
 - сборочно-сварочных, токарных и фрезерных приспособлений;
 - технологических процессов обработки корпусных деталей шпиндельных коробок;
 - технологических процессов обработки деталей типа «тела вращения» в условиях смешанного производства;
 - технологических процессов заготовительного производства;
 - технологической подготовки производства изделий электромашиностроения с использованием инвариантных компонентов;
 - технологических процессов изготовления деталей штампов;
 - технологических процессов и управляющих программ для гибкой автоматической линии и др.
- Программные комплексы автоматизированного проектирования:
 - наладок агрегатных станков и автоматических линий;
 - генерации и интерпретации диалога;
 - режущих инструментов;
 - инструментальной подготовки производства;
 - протяжного и червячного инструментов;
 - разделительных, гибочных и пробивных штампов;
 - рабочих колес центробежных насосов;
 - поворотнo-лопастных и диагональных рабочих колес гидротурбин;
 - машиностроительных изделий.
- Технологическую линию для подготовки производства листовых деталей.
- Системы автоматизации нормирования трудовых процессов и проектирования технологических процессов сборочно-сварочных работ.
- Средства автоматизации логического анализа и моделирования поведения сложных дискретных управляющих устройств; автоматизации проектирования проводных соединений с учетом специальных требований к надежности функционирования электрических цепей; автоматизации диагностики сложных дискретных управляющих устройств; автоматизации проектирования проводных соединений, автоматизации проектирования устройств автоматики.

Впервые в СССР на Минском заводе автоматических линий началось массовое автоматиз-

зированное проектирование агрегатных станков, автоматических линий и технологической подготовки их производства.

Результаты исследований по автоматизации проектирования вызвали большой интерес за рубежом. Были заключены крупные контракты с предприятиями ГДР, Венгрии, Польши, Болгарии, Чехословакии.

3. Координация научных исследований

С момента организации ИТК АН БССР поручена координация исследований в СССР и социалистических странах по автоматизации проектно-конструкторских работ. Организуется подсекция «Автоматизация проектирования в машиностроении» научного совета ГКНТ СССР и Президиума АН СССР, в которой представлены около 30 научных и промышленных организаций. Осуществляется координация исследований по союзным и республиканским планам, научно-методическое руководство разработкой и внедрением методов автоматизированного проектирования в министерствах машиностроения, приборостроения и средств автоматизации, радиопромышленности, судостроения и других отраслях. Проводятся координационные совещания, научно-технические конференции, учебные семинары, подготовка научных кадров. Через республиканский фонд алгоритмов и программ организуется тиражирование результатов научных и прикладных исследований.

По межправительственному соглашению в области вычислительной техники организуется многостороннее международное сотрудничество, в котором участвуют НРБ, ВНР, ГДР, Куба, ПНР, СРР, СССР, ЧССР. На институт возлагаются организация и руководство временной рабочей группы специалистов по общесистемным вопросам САПР. Планы международного сотрудничества разрабатываются с учетом заданий координационных планов, что обеспечивает их качественное и ускоренное выполнение. Проводятся совместные исследования по программам автоматизации конструкторско-технологических работ и создания головных образцов систем автоматизированного проектирования в машиностроении, научные семинары, конференции, обмен научно-технической информацией.

Институту поручается выполнение заданий комплексной программы ГКНТ СССР по решению важнейших научно-технических проблем государственного плана экономического и социального развития СССР, среди них:

- создание и ввод в опытную эксплуатацию в ИТК АН БССР межотраслевой системы автоматизированного проектирования, конструирования и технологической подготовки производства деталей и сборочных единиц общемашиностроительного применения;
- разработка и ввод в эксплуатацию системы коллективного пользования для автоматизированной обработки данных и управления научными экспериментами в институтах Академии наук БССР;
- создание и ввод в эксплуатацию автоматизированной системы обработки данных виброиспытаний экспериментальных образцов грузовых автомобилей производственного объединения «БелАВТОМАЗ».

Цель комплексной программы – разработка и внедрение на предприятиях СССР автоматизированных подсистем проектирования деталей и узлов машин, включая технологическую подготовку производства. По результатам выполнения комплексной программы разработаны методы и программно-методические материалы по созданию типовых автоматизированных систем. В различных отраслях промышленности внедрены автоматизированные подсистемы проектирования деталей и узлов машин, технологической подготовки машиностроительного производства. Их использование на предприятиях министерств машиностроения, приборостроения и других дало значительный экономический эффект.

4. Сквозные компьютерные технологии проектирования и производства новой продукции

В настоящее время исследования в области создания и развития новых информационных технологий (ИТ) в промышленности проводятся по программе ориентированных фундамен-

тальных исследований «Теоретические основы новых информационных технологий» в следующих направлениях:

- компьютерное моделирование технических объектов;
- методы анализа, синтеза, параметризации, классификации, типизации конструкций и технологий;
- теория принятия решений в системах автоматизированного проектирования;
- информационная поддержка и сопровождение жизненного цикла (ЖЦ) продукции;
- методы создания виртуальных изделий, технологических процессов, участков, производств, предприятий;
- модели и методы анализа функциональных характеристик изделия;
- инженерный анализ технических объектов с помощью высокопроизводительных мультипроцессорных вычислительных систем;
- типовые модели, методики, базовые технологии и проектные решения по совершенствованию проектной деятельности;
- научно-методические основы проектирования наукоемкой продукции;
- проектные решения по рационализации обмена информацией в течение ЖЦ продукции.

Совместно с предприятиями Министерства промышленности по отраслевой научно-технической программе «Компьютерные технологии проектирования и производства новой продукции» разработан и реализуется комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Головной исполнитель программы – Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси (ОИПИ НАН Беларуси). Основные цели программы заключаются в разработке сквозных компьютерных технологий автоматизированного проектирования и производства конкурентоспособной продукции нового поколения на предприятиях автотракторостроения, сельхозмашиностроения, станкостроения, микроэлектроники, радиотехнической промышленности. В качестве объектов для исследований и разработок определены компьютерные технологии технической подготовки:

- изделий из полимерных материалов для тракторов и автомобилей;
- корпусных конструкций аудио- и видеотехники;
- сельскохозяйственных машин для предпосевной подготовки почвы;
- специализированного агрегатного оборудования;
- технологических процессов механической обработки;
- полузаказных БИС и заказных КМОП СБИС.

В отличие от традиционной чертежной технологии, в автоматизированный информационный цикл объединяются процессы проектирования, инженерного анализа конструкций, технологии изготовления, инструментального оснащения и управления производством. Процесс конструирования изделий сводится к построению точных программно-выверенных пространственных твердотельных моделей, предоставляющих широкие возможности для анализа, синтеза и оптимизации вариантов конструкции. Инженерное обоснование проектных решений производится с помощью сеточных моделей, состоящих из множества стандартных конечных элементов, заполняющих телесное пространство конструкции. Программная диагностика процедур полностью исключает ошибки и недостатки, свойственные чертежной технологии проектирования.

Проекты программы поддерживаются внебюджетными средствами предприятий, составляющими 75% стоимости разработки. Потребителями результатов программы являются предприятия Министерства промышленности Республики Беларусь – РУП «МТЗ», БЗАЛ (Барановичи), ПО «Интеграл», ОАО «Горизонт», РУП «Станкостроительный завод им. С.М. Кирова» (Гомель) и др. Эффект от внедрения результатов ожидается за счет снижения металлоемкости конструкций, сокращения расхода энергоресурсов, ускорения технической подготовки производства и повышения качества и конкурентоспособности новой продукции. Предусматривается передача результатов исследований на другие предприятия.

Совместно с Борисовским заводом агрегатов проводятся исследования по разработке конструкции и освоению серийного производства турбокомпрессоров с регулируемым сопловым аппаратом. За счет научно обоснованных конструкций турбокомпрессоров удастся улучшить эксплуатационные характеристики двигателей, снизить удельный расход топлива, выйти

на уровень требований международных стандартов по экологической безопасности. Регулируемый турбонаддув позволяет настроиться на режим работы двигателя, повысить удельную мощность, топливную экономичность, снизить уровень выбросов токсичных компонентов в атмосферу. Ведущими зарубежными фирмами-производителями представлены разнообразные конструкции турбокомпрессоров, в том числе регулируемые с изменяемой геометрией проточной части. Турбокомпрессоры с изменяемой геометрией проточной части в Республике Беларусь и Российской Федерации не производятся. Проект предусматривает:

- разработку конструкторской и технологической документации на основе построения электронных моделей геометрически сложных конструкций турбокомпрессора, сложной технологической оснастки с учетом требований международных стандартов;

- компьютерное моделирование процессов газодинамики, механики, теплообмена, виртуальные испытания в процессе проектирования и отработки конструкции с использованием суперкомпьютера СКИФ;

- технологическую подготовку серийного производства с использованием по всему циклу единой электронной модели турбокомпрессора.

Технические характеристики разрабатываемого турбокомпрессора, на основе которого планируется создание размерного ряда семейства турбокомпрессоров для серийных и планируемых к освоению дизельных двигателей, соответствуют зарубежным аналогам, а также прогнозируемым на ближайшую перспективу. Работа является важной и актуальной для повышения конкурентоспособности отечественной продукции и развития экспортного потенциала предприятия. Выполнение проекта позволит удовлетворить потребности предприятий республики в современных конструкциях турбокомпрессоров. Планируется экспорт готовой продукции на Ярославский и Заволжский моторные заводы и на другие предприятия. На Борисовском заводе агрегатов создается научно-техническая база для проведения опытно-экспериментальных работ и дальнейшего совершенствования продукции.

Результаты моделирования на суперкомпьютере СКИФ позволяют существенно сократить затраты и время на доводку и согласование характеристик турбокомпрессора. Создание электронных моделей турбокомпрессоров, моделирование газодинамических процессов, анализ прочностных характеристик деталей и сборочных единиц, оценка устойчивости вращения ротора позволили в 2004 г. провести модернизацию турбокомпрессора ТКР 6.1. Удалось удовлетворить требования норм «Евро-2» на двигателях Д-245.7 и Д-245.9.

5. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделий

Опыт, полученный в процессе разработки и внедрения сквозных компьютерных технологий автоматизированного проектирования, позволяет перейти к их интеграции в единый непрерывно развивающийся информационный процесс – к информационной поддержке ЖЦ – CALS-технологиям. Под аббревиатурой CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) понимается стратегия промышленности и правительства, направленная на эффективное создание, обмен, управление и использование электронных данных, поддерживающих ЖЦ изделия с помощью международных стандартов, реорганизации предпринимательской деятельности и передовых технологий.

Исследования по моделированию поведения конструкций в сложных условиях эксплуатации; оптимизации технических характеристик, прогнозированию надежности, разрушения; моделированию теплофизических и газогидродинамических процессов; электромагнетизма являются актуальными. Существующие программные и аппаратные средства не обеспечивают возрастающие потребности разработчиков сложных изделий машиностроения. Многие инженерные задачи в настоящее время не решаются из-за ограничений по оперативной и дисковой памяти, недоверия потребителей к отечественным специализированным инструментальным и прикладным программно-аппаратным комплексам.

К фундаментальным и прикладным исследованиям, планируемым на ближайший период, относятся:

- методы и средства анализа и синтеза конструкций и технологий применительно к конкретным приложениям;

- технологии и модели организации конструкторско-технологической деятельности в интегрированной информационной среде;
- комплексный анализ характеристик изделия на начальных стадиях проектирования;
- управление проектом по созданию наукоемкой продукции в интегрированной информационной среде;
- компьютерное моделирование процессов проектирования и управления;
- типовые модели, методики и проектные решения по совершенствованию производственной деятельности;
- электронный обмен технической информацией в течение ЖЦ изделия;
- типовые проектные решения по построению информационных систем управления качеством продукции;
- анализ прочности, газодинамики, кинематики, динамики, устойчивости и тепловых процессов в конструкциях на основе электронной модели объекта;
- геометрическое моделирование изделий и параллельное проектирование сложной формообразующей оснастки;
- контроль собираемости узлов;
- методы, исключаящие искажение геометрических и размерных характеристик деталей на этапах технологической подготовки производства;
- технология работы с электронной моделью конструкции при разработке технологических процессов и средств оснащения;
- методы моделирования литейных, штамповочных процессов и операций механообработки с использованием специальных методов контроля;
- оптимизация перспективного, календарного и оперативного планирования.

Комплексная разработка ИТ, использование методов и программных средств компьютерного моделирования функциональных характеристик изделий машиностроения революционизируют промышленную сферу. Продукция предприятий становится конкурентоспособной, так как она быстрее осваивается в производстве, доступна потребителю в связи с более низкими ценами, не требует высоких удельных затрат на эксплуатацию, надежна, долговечна, экономична, безопасна, эффективна в эксплуатации, позволяет дешевле производить текущий и капитальный ремонты, обладает современным дизайном. Качественные характеристики продукции закладываются на стадии проектирования, начиная с формулирования технической идеи, обоснования основных технических решений, анализа принципов работы, уточнения технических характеристик, макетирования, оценки технологичности, дизайнерских решений, ремонтпригодности, проведения конструкторской и технологической подготовки производства, оценки и учета условий производства и эксплуатации. Технологии информационной поддержки и сопровождения ЖЦ продукции нашли воплощение в международных стандартах ISO и государственных стандартах многих государств.

Использование информационных технологий поддержки ЖЦ продукции способствует форсированному техническому перевооружению и реформированию основных отраслей промышленности, активизации бизнес-процессов, росту прибыли предприятий, повышению рентабельности новой продукции, получению дополнительных средств обновления основных фондов, расширению производства, что является одним из ключевых факторов технологического перевооружения экономики государства.

Заключение

Приведенный краткий обзор позволяет оценить вклад белорусских ученых в развитие исследований по автоматизации проектно-конструкторских работ и технологической подготовки машиностроительного производства, решение проблем внедрения современных информационных технологий на промышленных предприятиях республики и повышение их эффективности. Показаны основные направления развития работ на ближайшую перспективу, повышение качества и конкурентоспособности продукции машиностроения. К сожалению, автору статьи не удалось из-за ограниченного объема журнала отразить в представленном материале вклад многих специалистов института в развитие теории автоматизированного проектирования.

На IV Московском международном салоне инноваций и инвестиций в феврале 2004 г. ОИПИ НАН Беларуси награжден золотой медалью за разработку сквозной компьютерной технологии технической подготовки производства изделий в машиностроении.

Список литературы

1. Горанский Г.К. К теории автоматизации инженерного труда. Алгоритмизация проектирования металлорежущих станков. – Мн.: Изд-во АН БССР, 1962. – 215 с.
2. Горанский Г.К. Расчет режимов резания с помощью электронных цифровых вычислительных машин. – Мн.: Госиздат, 1963. – 192 с.
3. Горанский Г.К. Владимиров Е.В., Ламбин Л.Н. Автоматизация технического нормирования работ на металлорежущих станках с помощью ЭВМ. – М.: Машиностроение, 1970. – 304 с.
4. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства в машиностроении / Под общ. ред. О.И. Семенкова. Т. 2. – Мн.: Высшая школа, 1977. – 335 с.
5. ОСТ 92-0074-68. Расчет зубчатых передач на ЭВМ.
6. Ракович А.Г. Автоматизация проектирования приспособлений для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1980. – 136 с.
7. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов / С.Н. Корчак, А.А. Кошин, А.Г. Ракович, Б.И. Сеницын. – М.: Машиностроение, 1988. – 352 с.
8. Цветков В.Д. Система автоматизации проектирования технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1972. – 240 с.
9. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. – Мн.: Наука и техника, 1979. – 264 с.
10. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства в машиностроении / Под общ. ред. О.И. Семенкова. Т. 1. – Мн.: Высшая школа, 1976. – 352 с.
11. Семенков О.И. Введение в системы автоматизации проектирования. – Мн.: наука и техника, 1979. – 84 с.
12. Петренко А.И., Семенков О.И. Основы построения систем автоматизированного проектирования. – Киев: Вища школа, 1985. – 294 с.
13. Основы проектирования режущих инструментов с применением ЭВМ / П.И. Ящерицын, Б.И. Сеницын, Н.И. Жигалко и др. – Мн.: Высшая школа, 1979. – 304 с.
14. Гривачевский А.Г., Прохvatкин Н.В. Моделирование и автоматизация конструирования штампов. – Мн.: Наука и техника, 1986. – 198 с.
15. Добролюбов А.И., Акунович С.И. Автоматизация проектирования систем управления технологическими машинами. – М.: Машиностроение, 1974. – 224 с.
16. Добролюбов А.И., Енин С.В. Контроль и диагностика дискретных систем управления. – Мн.: Наука и техника, 1974. – 160 с.
17. Горелик А.Г. Автоматизация инженерно-графических работ с помощью ЭВМ. – Мн.: Высшая школа, 1980. – 207 с.
18. Стародетко Е.А. Элементы вычислительной геометрии. – Мн.: Наука и техника, 1986. – 240 с.
19. Ярмош Н.А. Автоматизация информационного обеспечения процессов проектирования. – Мн.: Наука и техника, 1984. – 271 с.
20. Липницкий С.Ф., Ярмош Н.А. Моделирование интеллектуальных процессов в инженерных информационных системах. – Мн.: Белорусская наука, 1996. – 222 с.
21. Римский Г.А. Теория систем автоматизированного проектирования интеллектуальных САПР на базе вычислительных комплексов и сетей. – Мн.: Наука и техника, 1994. – 631 с.
22. Медведев С.В. Компьютерные технологии проектирования сборочно-сварочной оснастки. – Мн.: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2000. – 194 с.

23. Автоматизация проектирования технологических процессов и средств оснащения / Г.К. Горанский, Л.В. Губич, В.И. Махнач и др. – Мн.: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 1997. – 276 с.
24. Ибрагимов В.А., Махнач В.И., Швед О.Л. Метод обобщенных аналитических представлений в упругопластической антиплоской задаче. – Мн.: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 1998. – 83 с.
25. Стрельцов А.И. Автоматизация проектирования технологических процессов сборочно-сварочного производства. – Мн.: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2001. – 168 с.
26. Губич Л.В. Автоматизация процессов проектирования в машиностроении. – Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2002. – 308 с.
27. ГОСТ 34.201-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.
28. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.
29. РД 50-34.698-90. Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы.
30. ГОСТ 34.602-92. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.
31. ГОСТ 34.603-92. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Виды испытаний.

Поступила 25.11.04

*Объединенный институт проблем
информатики НАН Беларуси,
Минск, Сурганова, 6
e-mail: mahnach@newman.bas-net.by*

V.I. Mahnach

CAD/CAM/CAE IN MECHANICAL ENGINEERING

The brief review of the research and experimental-design developments in mechanical-engineering preproduction CAD/CAM/CAE systems in the Institute of Engineering Cybernetics (UIIP) of National Academy of Sciences of Belarus is presented.